

## مدل‌سازی گسترش کالبدی شهر مراغه با استفاده از روش رگرسیون لجستیک

میرنجف موسوی - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه ارومیه  
رسول یزدانی چهاربرج\* - دانشجوی دوره دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۵/۲۵      تأیید مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵

### چکیده

رشد جمعیت و گسترش شهری در دهه‌های اخیر در شهر مراغه باعث تغییر پوشش / کاربری زمین در اطراف شهر شده، به طوری که مساحت شهر از ۳۵۰ هکتار در سال ۱۳۵۳ به حدود ۱۷۹۹ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است. شناخت عوامل مؤثر در گسترش شهری و مدل‌سازی تأثیر آنها در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری ضروری است. عوامل تأثیرگذار را می‌توان به دو دسته متغیرهای بیوفیزیکی و اجتماعی - اقتصادی تقسیم کرد. با توجه به قابلیت‌های مدل رگرسیون لجستیک در شناخت عوامل اجتماعی - اقتصادی و بیوفیزیکی تأثیرگذار در رشد شهر، از این مدل برای تحلیل عوامل رشد شهر مراغه طی ۲۲ سال اخیر و پیش‌بینی روند گسترش شهر طی ۲۲ سال آینده استفاده شده است. میزان Pseudo R-square و ROC برای این مدل نیز به ترتیب ۰/۲۷۶۴ و ۰/۸۵۳۷ به دست آمد که به دلیل قرار داشتن در محدوده مورد قبول، تأییدکننده مدل‌سازی‌اند. حساسیت‌سنجی مدل برای شناخت میزان تأثیر متغیرها با استفاده از روش حذف هر کدام از متغیرهای مستقل در هر بار اجرای مدل، حاکی از تأثیر بیشتر فاصله از اراضی شهری و در مرحله بعد متغیرهای ارتفاع، فاصله از کاربری‌های صنعتی، فاصله از اراضی کشاورزی و فاصله از جاده‌های دسترسی در رشد شهر طی ۲۲ سال اخیر است.

کلیدواژه‌ها: شهر مراغه، عوامل توسعه شهری، گسترش شهری، مدل رگرسیون لجستیک.

## مقدمه

در کشورهای درحال توسعه، شهرها با رشد افسارگسیخته‌ای روبه‌رو هستند که به مراتب فراتر از ظرفیت و ساختار زیربنایی آنها برای پذیرایی و قبول جمعیت‌هاست. نتایج این رشد، متعدد و عبارتند از: کاهش و از دست رفتن هزاران هکتار از زمین‌های کشاورزی که اغلب در بهترین و حاصلخیزترین نواحی این کشورها واقع شده‌اند، ساختن خانه‌های سست و کم‌دوام، گسترش نواحی فقرزده، عدم کفایت راه‌ها و وسایل حمل‌ونقل، وضع بهداشتی ناسف‌آور، بیکاری و نبود امنیت. پدیده شهری در این کشورها بر فقر فقیرترها می‌افزاید، مشکلات اجتماعی و خیم و بی‌شماری را به‌وجود می‌آورد، اوضاع را انفجارآمیز و مهار آن را بسیار دشوار می‌کند (بونفو، ۱۳۷۵: ۹۰-۸۹). رشد شهری در واقع به عنوان تغییرات کالبدی و کارکردی به علت گذار چشم‌اندازهای روستایی به اشکال شهری شناخته می‌شود و هنگامی رخ می‌دهد که توزیع جمعیت از روستایی به شهری تغییر می‌یابد. اکنون بیش از نیمی از جمعیت دنیا در نواحی شهری ساکن‌اند. بسیاری از نواحی کشورهای درحال توسعه رشد سریع شهری را تجربه می‌کنند. کارکرد مدیریت رشد شهری هم از لحاظ حوضه‌های فعالیت و هم از لحاظ پیچیدگی افزایش یافته است و یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن بیست‌ویکم به شمار می‌رود (Thapa and Murayama, 2010:70).

در زمان ما گسترش کالبدی ناموزون شهرها، یکی از مسائل مهم را در کاربری زمین به‌وجود می‌آورد. این نوع توسعه در واقع ادامه گسترش شهر در اطراف آن است؛ زیرا در اطراف شهرها همواره مناطقی وجود دارد که پیوسته دوره انتقال از بهره‌برداری‌های روستایی به شهری را می‌گذراند (شکوئی، ۱۳۸۵: ۲۱۳). گسترش شهرها و رشد جمعیت باعث تغییرات غیراصولی در پوشش گیاهی و کاربری زمین در مناطق شهری و کشاورزی شده است. مدل‌ها یکی از ابزارهای مورد استفاده برنامه‌ریزان در جهت کنترل روند تغییرات کاربری محسوب می‌شوند. مدل‌ها ابزاری برای شناسایی تغییرات کاربری زمین‌اند و در کشف ارتباط کاربری زمین و عوامل مؤثر بر آن بسیار کارآمدند. مدل‌های کاربری زمین عموماً سه بخش دارند: نقشه‌های کاربری زمین چندزمانه به‌دست‌آمده از داده‌های سنجش از دور، تابع چندمتغیره استخراج‌شده از برآوردهای نشان‌دهنده تغییرات و ایجاد نقشه‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین (کامیاب و دیگران، ۱۳۸۹: ۸۹).

در ایران تا زمانی که الگوی رشد شهرها ارگانیک و عوامل درون‌زا و محلی تعیین‌کننده رشد شهری بوده‌اند، زمین شهری نیز کفایت کاربری‌های سنتی شهری را داشته و حسب شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیتی شهر، فضای شهر را به‌طور ارگانیک سامان می‌داده است. لیکن از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت، با پدیده ماشینی شدن شهرها، درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد و شهرهای ما در نظام اقتصاد جهانی و تحت تأثیر آن قرار گرفت، سرمایه‌گذاری در زمین شهری تشدید شد و این ضعف اصلی بازار خصوصی بدون برنامه زمین، الگوی توسعه بسیاری از شهرهای ایران را دیکته کرده است. این امر باعث نابسامانی بازار زمین شهری و مخصوصاً بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده و عارضه منفی گسترش افقی شهرها شده است. تهیه طرح‌های جامع شهری در ایران نیز که به دهه ۱۹۵۰ برمی‌گردد، عمدتاً بر الگوی شهر ماشینی و اصول و مبانی حاکم بر آن یعنی جدایی محل کار و زندگی و تفکیک کاربری‌ها متکی است؛ لذا به نوعی به گسترش افقی شهرها کمک کرده است (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۴۲-۴۱). اصطلاح گسترش افقی اغلب برای تشریح توسعه کنترل‌نشده شهر به سوی

نواحی روستایی اطلاق می‌شود و یک رویکرد توسعه کم‌تراکم، اتومبیل‌محور و بدون مرکز است (Cannavo, 2007: 93). گسترش افقی شهرها زمانی اهمیت می‌یابد که بدانیم اکثر شهرهای ایران در کنار رودخانه‌ها واقع شده‌اند و پیرامون آنها را زمین‌های کشاورزی فرا گرفته است. شهر مراغه نیز از این امر مستثنا نبوده و اطراف آن را اراضی حاصلخیز باغی گرفته است. ولی توسعه شهر طی دهه‌های اخیر باعث از بین رفتن اراضی باغی اطراف شهر گشته است. بنابراین، رشد و گسترش شهر در نواحی حاصلخیز کشاورزی باعث بروز مسائل زیست‌محیطی بسیاری خواهد بود و برای شناخت میزان تغییرات کاربری‌ها و مسائل زیست‌محیطی در اثر رشد شهری، به استفاده از فناوری سنجش از دور نیازمندیم. سنجش از دور ماهواره‌ای موجب فراهم آمدن داده‌های چندطیفی و چندزمانه‌ای شده است که هم از نظر هزینه کارآمدند و هم اطلاعات ارزشمندی را برای درک و فهم و پایش الگوها و پروسه‌های توسعه زمین به‌دست می‌دهند و مجموعه‌ای از داده‌های پوششی و کاربری زمین را نیز به‌وجود می‌آورند. این داده‌ها می‌توانند برای تعیین نوع، مقدار و محل تغییر کاربری زمین مورد استفاده قرار گیرند. (خوش‌گفتار و طالعی، ۱۳۸۹: ۱۹-۱۷). فهم الگوهای شهری فرایندهای پویا و ارتباط‌هایشان هدف عمده تحقیقات شهری با اجماع نظر بین دانشمندان، مدیران و برنامه‌ریزان است. چون توسعه شهری و مدیریت نواحی شهری نیازمند اطلاعات تفصیلی درباره فرایندها و الگوهای پیش رو است. سؤال اصلی که باید مطرح شود این است که شهرها چگونه از لحاظ فضایی سازمان می‌یابند، کجا و چه زمانی توسعه رخ می‌دهد، چرا و چگونه فرایندهای شهری در الگوی فضایی خاص منعکس می‌شود و در نهایت این الگو یا فرایند چه پیامدهایی می‌تواند داشته باشد. اطلاعات تفصیلی فضایی و زمانی در باب مورفولوژی شهری، زیرساخت‌ها، الگوهای کاربری زمین/ پوشش زمین، توزیع جمعیت و محرک پویایی‌های شهری برای پاسخ به پرسش‌های ذکر شده ضروری است و سنجش از دور شهری در تلاش برای فراهم آوردن این اطلاعات است (Bhatta, 2010: 49). سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز به عنوان مجموعه جامع، پیچیده و یکپارچه‌ای از برنامه‌های کامپیوتری مطرح است که وظیفه اکتساب، مدیریت و تحلیل و ارائه داده‌های فضایی را بر عهده دارد (Pitzl, 2004: 86). بنابراین GIS نیز می‌تواند وظیفه تحلیل و مدلسازی داده‌ها یا اطلاعات به‌دست‌آمده به‌وسیله سنجش از دور را فراهم آورد.

در این مقاله، رویکرد مدلسازی رشد شهری با استفاده از رگرسیون لجستیک تشریح شده است. مدل رگرسیون لجستیک برای مطالعه رشد شهری شهر مراغه در استان آذربایجان شرقی به کار گرفته شده است. مدلسازی به کشف ارتباط بین رشد شهری با متغیرهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و پیش‌بینی الگوی آتی شهری کمک می‌کند.

## روش پژوهش

این تحقیق از نوع پژوهشی- کاربردی است. در این تحقیق، ابتدا با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای از دوره‌های زمانی (۱۳۹۰-۱۳۶۸) اقدام به سنجش تغییرات کاربری زمین در یک دوره ۲۲ ساله گردیده است. تصاویر ماهواره‌ای در نرم‌افزار پردازش تصویر ENVI4.7 پردازش شدند. با توجه به اینکه تصاویر مورد استفاده از نوع Landsat TM و ETM+ بوده و توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا زمین‌مرجع شده بودند، نیازی به زمین‌مرجع نداشتند و از لحاظ رادیومتریکی نیز سالم بودند و نیازی به اصلاحات ژئومتریکی و رادیومتریکی نداشتند. برای انتخاب نواحی مورد نظر تصاویر با استفاده از عملگر ROI در نرم‌افزار ENVI بریده شدند.

در رگرسیون لجستیک، نیاز به یک متغیر وابسته گسسته از نوع بولین یا دوگانه و چندین متغیر مستقل یا پیش‌بینی‌کننده پیوسته است. متغیر وابسته در این تحقیق نواحی رشد شهری طی دو دوره ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ است. به آن دسته از نواحی که در سال ۱۳۶۸ جزو مناطق غیرشهری بودند، ولی در سال ۱۳۹۰ جزو مناطق شهری بودند یا به آن دسته از نواحی که طی دو دوره در آنها رشد شهری صورت نگرفته، عدد صفر اختصاص می‌یابد. در مرحله دوم، اقدام به تهیه لایه عوامل مؤثر بر رشد و گسترش شهر با استفاده از منابع مختلف (نقشه کاربری زمین حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه خطوط ارتباطی، لایه رقومی ارتفاعی و نقشه کاربری زمین شهر مراغه) در محیط نرم‌افزار ARC/GIS گردید. در مرحله بعد، لایه فاکتورها و عوامل مؤثر بر رشد و گسترش شهر در نرم‌افزار IDRISI Taiga به روش فازی استانداردسازی شدند. در مرحله آخر، هم متغیر وابسته و هم متغیرهای مستقل یا عوامل مؤثر بر توسعه شهر وارد مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار IDRISI شدند. خروجی‌های مدل شامل یک نقشه احتمالاتی رشد شهری است که میزان احتمال تبدیل به شهر شدن هر نقطه را به صورت عددی بین صفر تا ۱ نشان می‌دهد. هر چقدر ارزش سلول به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده این است که آن نقطه قابلیت بیشتری برای شهر شدن دارد و هر چقدر به صفر نزدیک‌تر باشد، قابلیت توسعه شهری آن کمتر است. خروجی‌های دیگر شامل ROC و Pseudo-R<sup>2</sup> است. «ROC به صورت عددی بین ۰-۱ بیان می‌شود که از منحنی ROC به دست می‌آید. ارزش ۱ برای میزان ROC نشان‌دهنده توافق کامل مکانی بین نقشه رشد شهری پیش‌بینی شده و میزان واقعی رشد شهری است. ارزش ۰/۵ برای این معیار بیان‌کننده تصادفی بودن موقعیت‌هاست و میزان قابل قبول بین ۰/۸-۱ است. Pseudo-R<sup>2</sup> در رگرسیون لجستیک برای آزمون رضامندی مدل به کار می‌رود، در صورتی که در رگرسیون‌های غیرلجستیک، میزان ضریب تعیین‌کنندگی R<sup>2</sup> تغییرپذیری کلی متغیرها در مدل را نشان می‌دهد. میزان قابل قبول Pseudo-R<sup>2</sup> برای تأیید رضامندی مدل در محدوده ۰/۲-۰/۴ است.» (کامیاب و دیگران، ۹۱: ۱۳۸۹).

در این مطالعه برای مدل‌سازی رشد شهری بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰ در شهر مراغه از داده‌های مختلف استفاده شده است که عبارتند از:

۱. نقشه طبقه‌بندی شده پوشش/کاربری زمین شهر مراغه و اراضی پیرامونی شهر، تصویر لندست+ETM مربوط به سال ۱۳۹۰؛
۲. نقشه رقومی ارتفاعی در سطح شهرستان؛
۳. نقشه کاربری زمین شهر؛
۴. نقشه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شبکه‌های ارتباطی.

تصاویر ماهواره‌ای به کاررفته در این تحقیق لندست TM سال ۱۳۶۸ با اندازه سلول ۳۰ متر و ETM+ سال ۱۳۹۰ باند Pan با اندازه سلول ۱۵ متر و بقیه باندها ۳۰ متر است. تصاویر در نرم‌افزار ENVI4.7 به روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال و در ۵ کلاس پوشش/کاربری زمین (سطوح ساخته‌شده، اراضی بایر، کشاورزی، صنعتی و سطوح آبی) طبقه‌بندی شدند. در طبقه‌بندی تصاویر از ترکیب باندهای ۱۲۳ رنگ طبیعی استفاده گردیده است. بعد از فرایند طبقه‌بندی، برای حذف پیکسل‌های منفرد از روش فیلتر کردن ۳\*۳ استفاده گردید. به منظور اطمینان از صحت

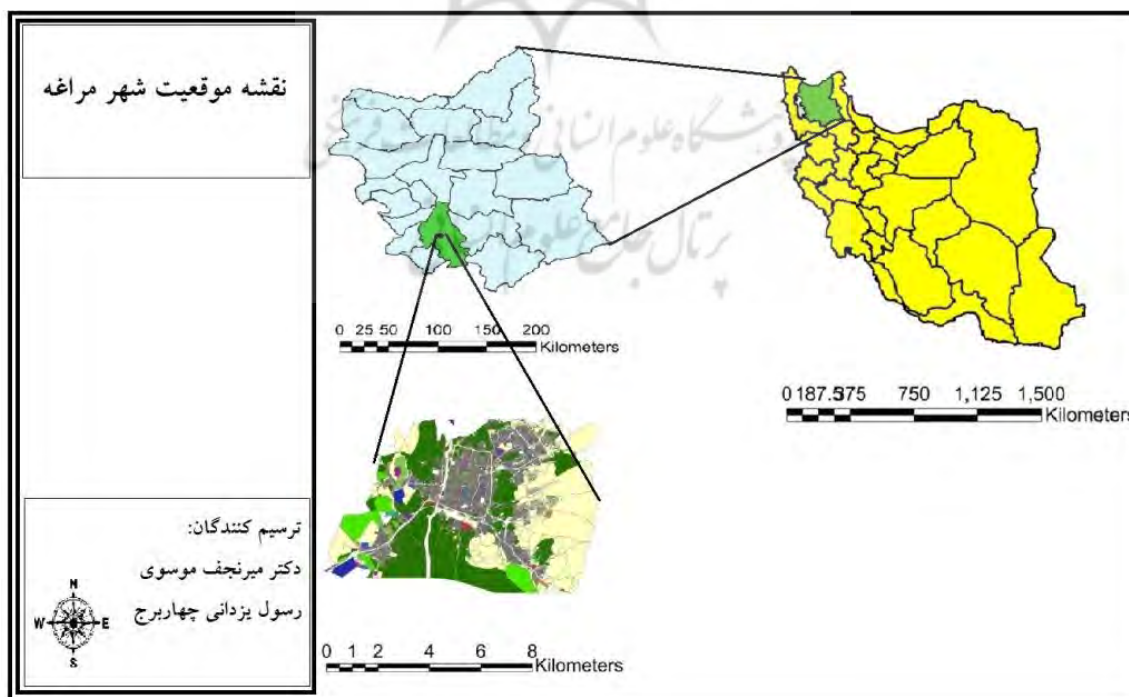
طبقه‌بندی دقت طبقه‌بندی ارزیابی می‌شود. این ارزیابی با استفاده از روش ماتریس خطا انجام گرفت. این روش دارای دو گزینه دقت کلی و ضریب کاپا است. در نقشه‌های کاربری اراضی به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای باید دقت طبقه‌بندی حداقل ۸۵ درصد باشد که در این طبقه‌بندی دقت کلی خیلی زیاد است. ضریب کاپا نیز هر چقدر به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده طبقه‌بندی کاملاً صحیح است. نقشه مرجع مورد استفاده نیز نواحی انتخابی یا نمونه‌های تعلیمی مورد استفاده در طبقه‌بندی تصاویر است.

جدول ۱. ارزیابی صحت طبقه‌بندی

تصاویر ماهواره‌ای	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپا
لندست TM سال ۱۳۶۸	۹۹/۰۷	۰/۹۸
لندست ETM سال ۱۳۹۰	۹۷/۶۱	۰/۹۶

### معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر مراغه در کنار رودخانه صوفی‌چای و در مشرق دریاچه ارومیه و در دامنه جنوبی کوه سهند قرار گرفته است. این شهر در موقعیت ۴۶ درجه و ۱۲ تا ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۱ تا ۲۴ دقیقه عرض شمالی و در میانگین ارتفاع ۱۴۸۵ قرار دارد. اقلیم شهر در طبقه‌بندی نیمه‌سردسیری تا سردسیری قرار دارد (مهندسين مشاور نقش محیط، ۱۳۸۵). این شهر در سال ۱۳۸۵ جمعیتی در حدود ۱۴۹۹۲۹ داشت و در سال ۱۳۹۰ جمعین آن به ۱۶۲۲۷۵ نفر رسید. سیستم توپوگرافی شهر متشکل از دره وسیع رودخانه صوفی‌چای و تعدادی از یال‌ها و میاناب‌ها است و دره‌های متعدد و شبکه‌های آبراهه‌ای به‌صورت موازی و قرینه به سمت رودخانه صوفی‌چای روان‌اند (صمدی، ۱۳۹۲: ۳۸-۳۹).



شکل ۱. نقشه موقعیت شهر مراغه

## یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

## تجزیه و تحلیل تغییرات

برای تحلیل تغییراتی که طی ۲۲ سال گذشته صورت گرفته، از جداول متقاطع یا crosstab استفاده گردیده است. جدول و نقشه Crosstab در نرم‌افزار IDRISI ایجاد شد. جدول زیر تغییرات کاربری زمین را که طی ۲۲ سال اخیر صورت گرفته نشان می‌دهد.

جدول ۲. Crosstab تغییرات کاربری زمین طی ۲۲ سال اخیر

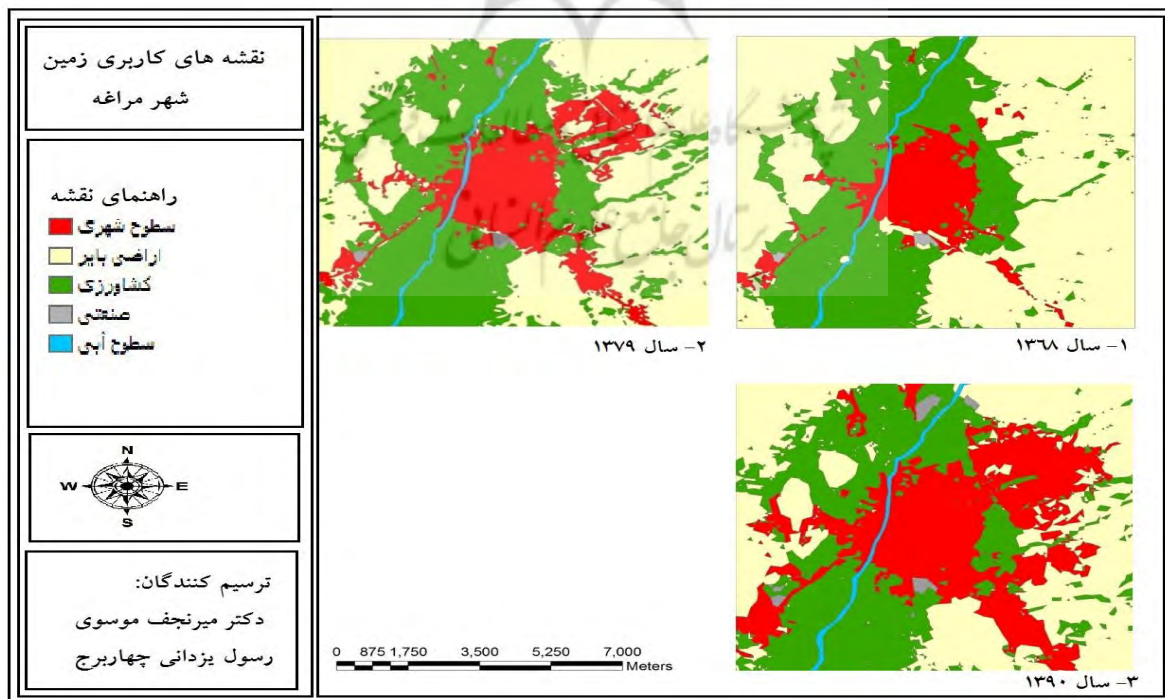
مجموع (سال ۱۳۹۰)	سطوح آبی	صنعتی	کشاورزی	اراضی بایر	سطوح ساخته شده	
۱۷۹۹/۱۰	۲/۷۴	۰/۰۸	۳۷۱/۶۲	۸۰۱/۵۸	۶۲۳/۰۸	سطوح ساخته شده
۲۳۴۸/۰۳	۰/۹۰	۰	۶۷/۱۰	۲۲۷۹/۹۳	۰/۱۰	اراضی بایر
۱۹۷۶/۷۲	۷/۲۴	۰/۰۵	۱۶۱۸/۵۵	۳۵۰/۳۰	۰/۵۸	کشاورزی
۴۹/۳۹	۰	۱۵/۷۹	۱۶/۸۷	۱۶/۴۹	۰/۲۴	صنعتی
۹۴/۷۲	۵۳/۴۵	۰	۱۸/۷۱	۰/۰۷	۰/۷۱	سطوح آبی
۶۲۴۶/۱۸	۶۴/۳۳	۱۵/۹۲	۲۰۹۲/۸۵	۳۴۴۸/۳۷	۶۲۴/۷۱	مجموع (سال ۱۳۶۸)
	۱۰/۸۸	۰/۱۳	۴۷۴/۳۰	۱۱۶۸/۴۴	۱/۶۳	تغییرات

جدول ۳. تغییرات کاربری زمین طی ۲۲ سال اخیر

تغییرات کاربری‌ها طی دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰	تغییرات کاربری‌ها طی دوره ۱۳۷۹- ۱۳۶۸	تغییرات کاربری‌ها طی دوره ۱۳۷۹- ۱۳۶۸	مساحت و درصد کاربری‌ها در سال ۱۳۹۰	مساحت و درصد کاربری‌ها در سال ۱۳۷۹	مساحت و درصد کاربری‌ها در سال ۱۳۶۸	سال
هکتار	هکتار	هکتار	درصد	درصد	درصد	کاربری زمین
۱۱۷۴/۳۹	۷۵۰/۰۴	۴۲۴/۳۵	۲۹	۱۷	۱۰	سطوح شهری
-۱۱۰۰/۳۴	-۴۷۵/۳۵	-۶۲۵/۳۴	۳۷	۴۵	۵۵	اراضی بایر
-۱۱۶/۱۳	-۳۰۴/۴	۱۸۸/۲۷	۳۲	۳۷	۳۴	کشاورزی
۳۳/۴۷	۲۲/۸۶	۱۰/۶۱	۱	۰	۰	صنعتی
۳۰/۳۹	۲۸/۶۳	۱/۷۶	۱	۱	۱	سطوح آبی

در جدول ۳ ستون‌ها بیانگر میزان مساحت کاربری‌ها در دوره اول (۱۳۶۸) و سطرها نشان‌دهنده میزان مساحت کاربری‌ها در دوره دوم (۱۳۹۰) است. در این جدول‌ها، اعداد داخل جدول بیانگر تغییر از ستون (دوره اول) به سطر (دوره دوم) است. قطر جدول نیز نشانگر میزان مساحت کاربری‌هایی است که طی دو دوره بدون تغییر باقی مانده بودند. همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد از لحاظ تغییرات کاربری، کاربری اراضی بایر با ۱۱۶۸ هکتار، بیشترین میزان تغییرات را طی ۲۲ سال اخیر داشته است. بیشتر این تغییرات به کاربری سطوح ساخته‌شده با ۸۰۱ هکتار صورت پذیرفته است. دومین کاربری با تغییر از اراضی بایر کاربری کشاورزی با ۳۵۰ هکتار است. دومین کاربری با بیشترین تغییرات، کاربری کشاورزی با ۴۷۴ هکتار مساحت است. بیشترین تغییرات از کشاورزی به کاربری سطوح ساخته‌شده با ۳۷۱ هکتار مساحت است و حدود ۶۷ هکتار از کاربری‌های کشاورزی به اراضی بایر تغییر یافته‌اند. بقیه کاربری‌ها نیز طی ۲۲ سال اخیر تغییرات کمتری داشته‌اند.

جدول ۳ نیز میزان مساحت کاربری‌ها و تغییرات (افزایش یا کاهش به صورت کلی) را در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ نمایش می‌دهد. کاربری‌های شهری با ۱۱۷۹ هکتار افزایش مساحت طی دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰ بیشترین میزان افزایش را دارا بودند. کاربری صنعتی و سطوح آبی نیز به ترتیب ۳۳ و ۳۰ هکتار افزایش مساحت داشته‌اند. در مقابل اراضی بایر با ۱۱۰۰ هکتار، بیشترین میزان کاهش را طی دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰ داشته‌اند و کاربری کشاورزی نیز با وجود افزایش طی دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹، طی دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۰ با ۳۰۴ هکتار کاهش روبه‌رو بوده‌اند و در مجموع دوره ۲۲ ساله، ۱۱۶ هکتار کاهش مساحت داشته‌اند. شکل ۲ کاربری‌های زمین شهر مراغه را در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

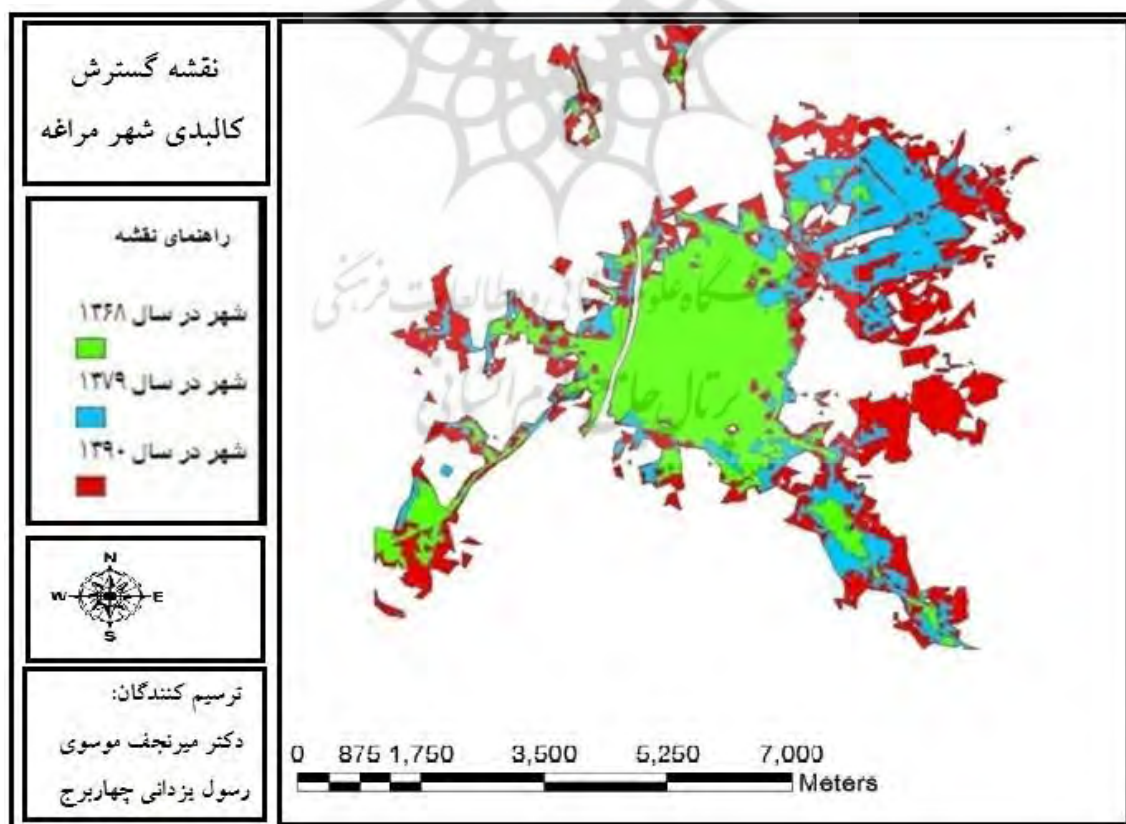


شکل ۲. نقشه کاربری‌های زمین در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰



### گسترش کالبدی شهر مراغه

جمعیت شهر مراغه از سال ۱۳۳۵ که حدود ۳۶۵۵۱ نفر بوده به ۱۴۹۹۲۹ نفر در سال ۱۳۸۵ رسیده است. یعنی در طول ۵۰ سال ۴ برابر شده است (رهنمایی و دیگران، ۱۳۹۰: ۸۰). این شهر به لحاظ ساختاری تقریباً شطرنجی است و این شکل عمدتاً در توسعه‌های اخیر مشاهده می‌شود. بافت قدیم تقریباً ارگانیک است. هسته اولیه شهر در شرق رودخانه صوفی‌چای شکل گرفته و گسترش یافته است. شهر از زمان شکل‌گیری تا سال ۱۳۲۰ در داخل حصار و قلعه رشد کرده و همه آثار تاریخی به‌جا مانده از دوره‌های قبل در داخل حصار تاریخی واقع شده‌اند. در این دوره هیچ‌گونه توسعه‌ای در سمت غرب رودخانه انجام نگرفت و رودخانه به عنوان مانع فیزیکی از گسترش شهر به سمت غرب جلوگیری کرد. از سال ۱۳۴۰ به بعد حصار شهر برچیده شده و تا سال ۱۳۵۷ شهر رشد خود را در تمام جهات در داخل کمربندی شهر ادامه داد. از سال ۱۳۵۷ تا سال ۱۳۶۵ وقوع انقلاب و افزایش مهاجرت جمعیت روستایی به شهر و رشد جمعیت شهر مراغه تقاضا برای مسکن را افزایش داد و شهر به قسمت‌های خارج کمربندی، به‌ویژه بخش‌های شمال شرقی و غرب رودخانه صوفی‌چای گسترش یافت و در روستاهای واقع در جنوب شرقی و جنوب غربی شهر نیز ساخت‌وساز صورت گرفت. از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۷۵ جهت‌گیری رشد شهر عمدتاً به سمت شرق متمایل شد و شهرک ولیعصر، سهند و اطراف خیابان امیرکبیر در این دوره شکل گرفتند.



شکل ۳. گسترش کالبدی شهر مراغه طی دوره‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰

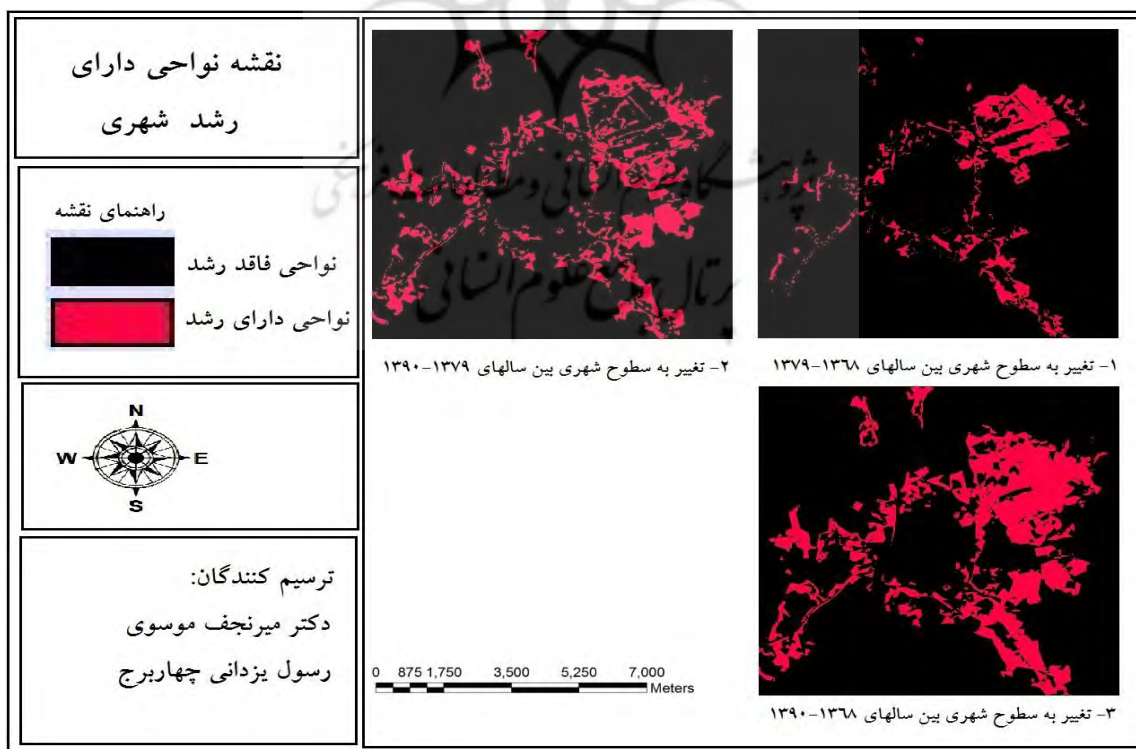


در فاصله سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵ تداوم روند افزایش تقاضای مسکن موجب گردید ساخت‌وساز در اراضی بایر و کشاورزی و باغات ادامه یابد. این گونه اراضی عموماً توسط سازمان‌های دولتی به تملک درآمد و برای تأمین نیاز مسکن کارکنان دولتی به زیر ساخت‌وساز رفت (نقش محیط، ۱۳۸۵) و (صمدی، ۱۳۹۲: ۵۱-۵۰).

مساحت بافت شهری این شهر بر اساس پردازش تصویر ماهواره‌ای لندست MSS تا سال ۱۳۵۳ در حدود ۳۵۰ هکتار بوده است. این میزان مساحت در سال ۱۳۵۸ به ۴۳۰ هکتار افزایش یافت. مساحت شهر در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب به حدود ۶۰۰، ۶۲۴، ۱۰۴۹ و ۱۷۹۹ هکتار افزایش یافت. نقشه ۵ گسترش کالبدی شهر را طی سه دوره ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد.

### نواحی دارای رشد شهری

در رگرسیون لجستیک، متغیرهای مستقل دستکاری می‌شوند تا اثرشان بر متغیر وابسته شناخته شود و متغیر وابسته در رگرسیون لجستیک، گسسته بولین (دوگانه) است. در این تحقیق، متغیر نواحی دارای رشد شهری به عنوان متغیر وابسته مطرح است؛ به طوری که نواحی دارای رشد شهری ارزش ۱ و نواحی که رشد شهری در آنها صورت نگرفته ارزش صفر می‌گیرند. با استفاده از نقشه‌های کاربری زمین سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ نقشه تغییرات سطوح شهری بین دوره‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹، ۱۳۷۹-۱۳۹۰ و ۱۳۶۸-۱۳۹۰ به صورت نقشه بولین (۰ و ۱) ایجاد گردید و وارد مدل شد. در این نقشه‌ها پیکسل‌های با ارزش ۱ نشان‌دهنده تغییر از کاربری‌های غیرشهری به کاربری شهری است و متغیر وابسته شناخته می‌شود. نقشه ۴ الگوی هر کدام از این متغیرهای وابسته را نشان می‌دهد.



شکل ۴. نقشه نواحی دارای رشد شهری

## عوامل تأثیرگذار شهری

در این تحقیق، عواملی که در رشد و گسترش شهر دخیل‌اند به عنوان متغیر مستقل یا پیش‌بینی‌کننده در نظر گرفته می‌شوند. متغیرها عبارتند از: فاصله از جاده‌ها، فاصله از سطوح ساخته‌شده شهری، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از سطوح آبی، نقشه رقوم ارتفاعی، شیب، جهت دامنه‌ها، نقشه بولین اراضی کشاورزی و نقشه بولین اراضی بایر، در انتخاب متغیرهای مستقل از مطالعات پیشین در این زمینه و دانش کارشناسان استفاده شده است. نقشه‌های متغیرهای مستقل انواع مختلف (ارتفاع، کاربری زمین و فاصله) دارند، در حالی که برای مدل‌سازی به نقشه‌های یکسان نیاز داریم. بنابراین، نقشه‌های متغیرهای مستقل با استفاده از عملگرهای فازی در نرم‌افزار IDRISI بسته به نقش متغیر در توسعه شهری و در فرمت بین ۰-۲۵۵ طبقه‌بندی مجدد شدند. نقشه ۴ متغیرهای مستقل تأثیرگذار در توسعه شهری مراغه را نشان می‌دهد.

**ارتفاع:** معمولاً روستاها و شهرها در نقاط مرتفع توسعه نمی‌یابند. غالب شهرها و روستاها در جلگه‌ها و دشت‌ها و مناطقی که ارتفاع زیادی نداشته‌اند به وجود آمده‌اند. مناطقی که پست و کم‌ارتفاع‌اند ضمن آنکه در آنها امکان بروز سیلاب بیشتر می‌شود، از لحاظ توسعه شبکه آب و فاضلاب و جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی با مشکل مواجه می‌شوند. نقش ارتفاع در احداث راه‌ها، سیمای شهرها، ارتفاع ساختمان‌ها و بالاخره دید و منظر شهری بسیار قابل توجه است (شیعه، ۱۳۸۶: ۲۰۰). شهر مراغه در میانگین ارتفاع ۱۴۸۵ متر از سطح دریا قرار دارد و سیستم توپوگرافی شهر متشکل از دره وسیع رودخانه صوفی‌چای و تعدادی از یال‌ها و میاناب‌ها است و دره‌های متعدد و شبکه‌های آبراهه‌ای به صورت موازی و قرینه به سمت رودخانه صوفی‌چای روان‌اند. توپوگرافی مزبور اختلاف ارتفاع نسبی حدود ۳۰۰ متر بین پست‌ترین تا بلندترین نقاط شهر را به وجود آورده است؛ به طوری که پایین‌ترین نقطه شهر در ارتفاع ۱۴۰۰ متر از سطح دریا و در بدو ورود به شهر از سمت بناب است و بلندترین نقطه شهر در تراز ارتفاعی ۱۷۰۰ متر در گوشه شمال شرقی آن در شهرک‌های در حال احداث قرار دارد (صمدی، ۱۳۹۲: ۳۹-۳۸). در این متغیر به نقاط بین ۱۴۰۰ الی ۱۵۰۰ متر که توسعه‌های قبلی در آن بوده است، بیشترین امتیاز داده شده است و به نواحی بالای ۱۶۵۰ متر کمترین امتیاز داده شده است.

**شیب:** یکی از ضوابط مهم محیطی - اکولوژیکی در هر گونه مکان‌یابی و توسعه در رویکرد توسعه پایدار، شکل ناهمواری‌ها و شیب زمین است (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۷۱). همان‌گونه که شیب بالای ۱۵ (و ۲۵ درصد برای برخی ساخت‌وسازها) مناسب نیست، شیب کمتر از ۱ درصد نیز به علت زهکشی ضعیف مناسب نیست. مناسب بودن یک مکان برای جاده‌سازی، پیاده‌روها، ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها، تا اندازه‌ای تابعی از شیب‌های موجود در مکان است. برای مثال در هنگ‌کنگ و سان‌فرانسیسکو، به دلیل آب‌وهوای نسبتاً گرم، توسعه اغلب در شیب‌های تند اتفاق افتاده است. ولی در نواحی سردسیر و یخبندان از ساخت‌وساز در چنین شیب‌هایی به دلیل سهولت حرکت وسایل نقلیه و پیاده‌روی پرهیز می‌شود (James and Lagro, 2001: 107). انتظار می‌رود اختلاف ارتفاع نسبی ۳۰۰ متر بین پست‌ترین تا بلندترین نقطه باعث ایجاد یک شیب تند در شهر شود، ولی نقشه شیب شهر نشان‌دهنده این است که عمده قسمت‌های شهر در یک شیب ملایم بین ۲-۹ درجه قرار دارد و تنها مناطقی در شرق، شمال و غرب شهر در ارتفاع بین ۹-۱۷ درجه قرار

دارند. در این متغیر به نواحی بین ۹-۳ درجه بیشترین امتیاز و به نواحی بین ۳-۰ و بالای ۱۵ درجه کمترین امتیاز داده شده است.

**جهت شیب:** جهت معمولاً به وسیله قطب‌نما (برای مثال شمال و شمال شرق) مشخص می‌شود و به هشت قسمت جهات اصلی و فرعی طبقه‌بندی می‌گردد. جهات و شیب‌های متفاوت، مقدار متفاوتی از اشعه خورشید دریافت می‌کنند. در نیم‌کره شمالی، جهات شمالی از انرژی خورشیدی کمتری برخوردارند و بر عکس، جهات جنوبی انرژی بیشتری دریافت می‌دارند و باعث ایجاد تأثیراتی در میکروکلیمای شهر می‌شوند (Ibid, 108). با توجه به عبور رودخانه صوفی‌چای از میان شهر و جهت شمالی- جنوبی آن و تأثیر ساختار شهر از آن، جهات اصلی شهر شرقی- غربی است؛ اما با توجه به قرارگیری هسته اصلی شهر در شرق رودخانه، جهت شهر عمدتاً غربی است. در این متغیر به جهات غربی و جنوبی بیشترین امتیاز و به جهات شمالی کمترین امتیاز داده شده است.

**فاصله از کاربری صنعتی:** سلامتی جامعه در همه حال اهمیت حیاتی برای همه دارد. شرایط محیطی خوب باعث ارتقای بهداشت و رفاه می‌گردد. توسعه صنعتی ممکن است باعث بروز مخاطرات بهداشت محیطی می‌شود و به عنوان یک نیروی محرکه در تغییر زیان‌بار محیطی عمل کند (McArthur, 2002: 16). بنابراین، برای ممانعت از خطرات محیطی صنایع مزاحم ضرورت دارد کاربری‌های غیرمضر دور از نواحی صنعتی مکان‌یابی گردند. در سال ۱۳۶۸ مساحت کاربری‌های صنعتی که در شهر و اطراف آن وجود داشت ۱۶ هکتار بود که در قسمت جنوبی شهر واقع شده بودند. این میزان در سال ۱۳۷۹ به ۲۶ هکتار افزایش یافت، که علاوه بر قسمت‌های جنوبی تعدادی نیز در شمال شهر ایجاد شده بودند. در سال ۱۳۹۰ نیز مساحت کاربری‌های صنعتی به ۵۰ هکتار رسید که از لحاظ موقعیت در کنار واحدهای قبلی قرار داشتند. در این متغیر به آن دسته از نواحی که در فاصله ۲۵۰۰-۱۵۰۰ متری کاربری صنعتی قرار داشتند، بیشترین امتیاز و به نواحی نزدیک کاربری صنعتی کمترین امتیاز داده شده است.

**فاصله از کاربری کشاورزی:** شهرنشینی یکی از متداول‌ترین دلایل انسان‌شناسانه تخریب اراضی قابل کشت محسوب می‌شود (Dewan and Yamaguchi, 2009: 390). زمین‌های کشاورزی علاوه بر تولید غذا و مواد اولیه صنعتی، دارای مزایای جانبی دیگری مثل زیست‌بوم حیوانات، افزایش سطح نفوذپذیری در نواحی شهری، تسهیلات تفریحی، کیفیت محیطی و سبزی‌نگی‌اند (Burchell et al, 2005: 40-41) تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های شهری- صنعتی و پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی آن، یکی از مسائل و دشواری‌های برنامه‌ریزان شهری است. میانگین اراضی جنگلی کشورهای جهان ۳۱ درصد و اراضی کشاورزی ۳۶ درصد است؛ در حالی که این نسبت‌ها برای کشور ما به ترتیب ۷/۵ و ۱۱ درصد است و از کل اراضی کشاورزی تنها ۶/۹ میلیون هکتار یا ۴/۲ درصد مساحت کشور را زمین‌های آبی و باغ‌ها تشکیل می‌دهند (صدرموسوی و قربانی، ۱۳۸۵: ۱۳۸). پیرامون شهر مراغه اراضی باغی گسترده و انبوهی قرار دارد. این اراضی در سال ۱۳۶۸ حدود ۲۰۹۳ هکتار بود. این میزان تا سال ۱۳۷۹ به ۲۲۸۱ هکتار افزایش یافت، ولی تا سال ۱۳۹۰ این میزان با کاهش محسوسی به ۱۹۷۸ هکتار رسید. هر چند طی ۲۲ سال اخیر مساحت اراضی باغی کاهش اندکی داشته است، ولی مشاهده جدول crosstab بین سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۰ نشان می‌دهد که حدود ۳۷۱ هکتار از اراضی باغی در اثر گسترش شهری به سطوح ساخته شده شهری و ۶۷ هکتار به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. در

مقابل، ۳۵۰ هکتار از اراضی بایری که در نواحی بلافصل شهر نیستند، به اراضی باغی تبدیل شده‌اند. در این متغیر با فاصله گرفتن از نواحی کشاورزی امتیاز نواحی نیز برای توسعه شهری بیشتر می‌شود.

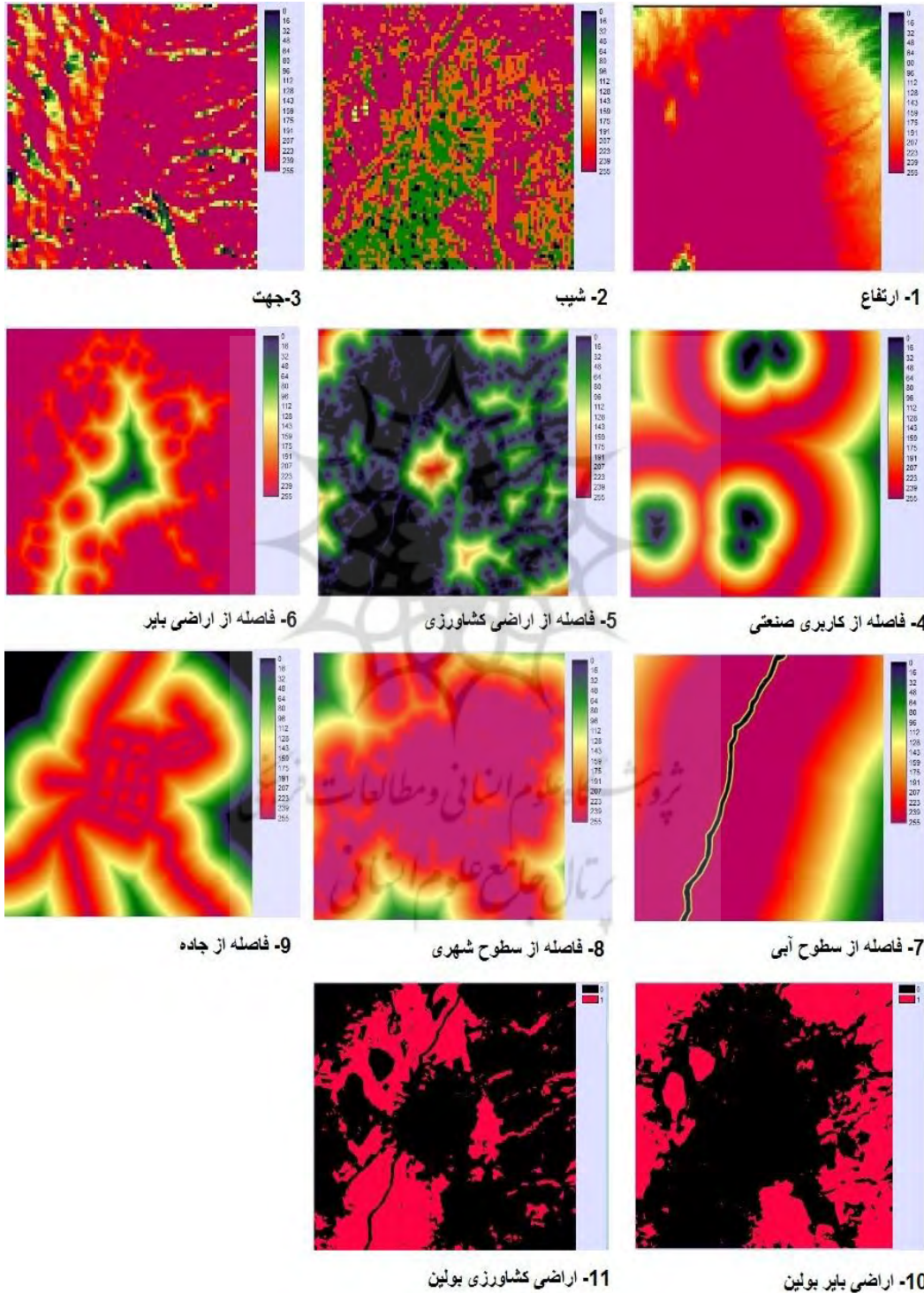
**فاصله از اراضی بایر:** با توجه به ارزش و سودمندی کاربری کشاورزی، اراضی بایر اطراف شهر مناسب‌ترین نوع زمین برای توسعه شهر محسوب می‌شوند؛ بنابراین در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری برای توسعه شهر جزو اولویت‌ها است. اراضی بایر اطراف شهر مراغه در سال ۱۳۶۸، حدود ۳۴۴۸ هکتار بود که در سال ۱۳۷۹ به ۲۸۲۳ هکتار رسید و در سال ۱۳۹۰ به ۲۳۴۸ هکتار کاهش یافت. یعنی طی ۲۲ سال اخیر ۱۱۰۰ هکتار از اراضی بایر تغییر کاربری یافته‌اند. حدود ۸۰۱ هکتار از اراضی بایر به اراضی ساخته‌شده شهری، ۳۵۰ هکتار به اراضی باغی و ۱۶ هکتار به کاربری صنعتی تبدیل شده‌اند و در مقابل، ۶۸ هکتار از اراضی باغی به اراضی بایر تبدیل شده‌اند. دلیل اصلی کاهش اراضی بایر این است که اراضی باغی و کشاورزی ابتدا به اراضی بایر و سپس به اراضی ساخته‌شده شهری تبدیل می‌شوند. در این متغیر برعکس کاربری کشاورزی، با فاصله گرفتن از اراضی بایر، امتیاز نواحی نیز برای توسعه شهری کاهش می‌یابد.

**فاصله از سطوح آبی:** پیدایش، توسعه و مکان‌گزینی شهرهای ایران به تبعیت از ویژگی‌های خاص زمانی و مکانی از گذشته‌های دور تا امروز در وابستگی به آب بوده است و نقشه شهرهای ایران نیز با همین امر ترسیم گردیده است (نظریان، ۱۳۷۹: ۱۲۳). در این متغیر به نواحی بین ۲۰۰۰-۱۰۰ متری رودخانه صوفی‌چای بیشترین امتیاز و نواحی بین ۱۰۰-۰ متری و نواحی بیشتر از ۲۰۰۰ متری کمترین امتیاز داده شده است.

**فاصله از سطوح ساخته‌شده:** بی‌شک اصلی‌ترین ویژگی کالبدی نواحی حاشیه شهری تغییر مکان حاشیه شهری است. با گسترش شهر، نواحی روستایی متأثر از آن بخشی از ناحیه شهری را تشکیل می‌دهند، همان‌گونه که نواحی حاشیه شهری سابق بخشی از ناحیه شهری می‌گردند (لینچ، ۱۳۸۶: ۱۱۵). بنابراین نواحی پیرامونی و بلافصل سطوح ساخته‌شده در معرض توسعه و گسترش شهری قرار می‌گیرند. مساحت شهر مراغه در سال ۱۳۶۸ حدود ۶۲۴ هکتار بود که در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب به ۱۰۴۹ و ۱۷۹۹ هکتار افزایش پیدا کرد؛ یعنی طی سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹ حدود ۶۸ درصد و طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۰ حدود ۷۱ درصد بر مساحت قبلی شهر افزوده شد. مشاهده نقشه‌های crosstab نیز نشان می‌دهد که رشد شهری در محدوده‌های بلافصل شهر است. در این متغیر با استفاده از طبقه‌بندی کاهش خطی به موازات فاصله گرفتن از نواحی ساخته‌شده شهری، امتیاز نواحی نیز برای توسعه شهری کاهش می‌یابد.

**فاصله از جاده‌ها:** دسترسی مناسب برای تحقق حمل‌ونقل پایدار حیاتی است، زیرا می‌تواند موجب کاهش مسافت سفرها شود و در نتیجه باعث کاهش انرژی مصرفی گردد (ویلیامز و همکاران، ۱۳۸۳: ۲۴۲). تقاضا برای حمل‌ونقل از آنجا ناشی می‌شود که حمل‌ونقل از راه اصلاح توان ارتباط بین فعالیت‌های گوناگون، جدایی فضایی را کاهش می‌دهد. در واقع همین ارتباط نزدیک بین کاربری زمین و حمل‌ونقل، کنترل تسهیلات حمل‌ونقلی را به صورت یکی از نیرومندترین ابزارهای ویژه جغرافیایی در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد، تا بتوانند آن را برای هدایت توسعه شهری به کار گیرند. رابطه حمل‌ونقل و کاربری زمین دوسویه است؛ از یک طرف ایجاد زیربنای حمل‌ونقل باعث تغییراتی در کاربری زمین و ارزش زمین می‌شود و متقابلاً تغییرات مهم در کاربری زمین، اندازه جمعیت و پراکنش جمعیت مسکونی یا تغییر

مکان‌های صنعتی را به دنبال دارد و الگوی تقاضای حمل‌ونقل را تغییر می‌دهد (پورمحمدی، ۱۳۸۶: ۲۵). تطبیق رشد شهر با جاده‌ها نشان می‌دهد که توسعه شهری در کنار خطوط مواصلاتی بین شهری یا نقاط روستایی بوده است. در این متغیر با استفاده از طبقه‌بندی کاهش خطی به موازات فاصله گرفتن از نواحی ساخته‌شده شهری، امتیاز نواحی نیز برای توسعه شهری کاهش می‌یابد.



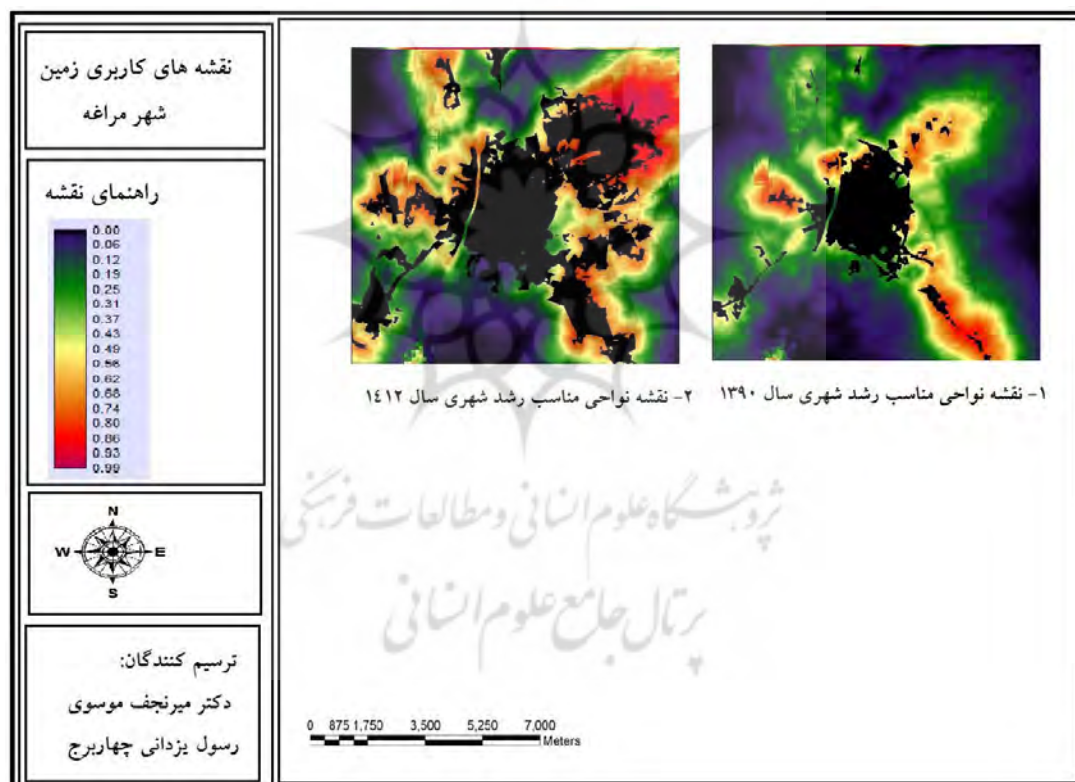
شکل ۵. نقشه عوامل تأثیرگذار توسعه شهری



## مدل‌سازی رشد شهری

پس از استانداردسازی متغیرهای مستقل، داده‌ها در مدل رگرسیون لجستیک وارد شدند. مدل‌سازی توسعه شهر برای دوره ۱۳۹۰ با استفاده از نقشه‌های پایه سال ۱۳۶۸ و دوره ۱۴۱۲ با استفاده از نقشه‌های پایه سال ۱۳۹۰ انجام گرفته است.

برای اعتبارسنجی مدل‌سازی رشد شهری در آینده ابتدا با استفاده از داده‌های سال ۱۳۶۸، نقشه احتمالاتی برای افق سال ۱۳۹۰ استخراج شد. مقایسه نقشه احتمالاتی سال ۱۳۹۰ با نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ نشان‌دهنده مطابقت زیاد بین این دو نقشه و صحت مدل‌سازی است. همان‌طور که نقشه نواحی مناسب رشد شهری سال ۱۳۹۰ در شکل ۶ نشان می‌دهد، نواحی با رنگ قرمز و زرد بیشترین احتمال تبدیل به شهر شدن را دارند و همین نواحی در نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ در شکل ۲ به کاربری شهری تبدیل شده‌اند. بنابراین مدل‌سازی رشد آتی شهر برای ۲۲ سال آینده انجام گرفت.



شکل ۶. نقشه احتمالاتی تغییر کاربری زمین برای سال ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲

## مدل‌سازی رشد شهری سال ۱۳۹۰

برای مدل‌سازی رشد شهری سال ۱۳۹۰ متغیرهای مستقل سال ۱۳۶۸ و متغیر وابسته (نواحی دارای رشد شهری طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۶۸) وارد مدل رگرسیون لجستیک می‌شوند. ۹ متغیر مستقل مورد استفاده پیوسته بودند و ۲ متغیر مستقل اراضی کشاورزی و اراضی بایر و متغیر وابسته نواحی دارای رشد شهری طی دوره‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۰ دارای ماهیت بولین

بودند. میزان Pseudo R-square و ROC برای این مدل نیز به ترتیب ۰/۲۷۶۴ و ۰/۸۵۳۷ به دست آمد که به دلیل قرار داشتن در محدوده مورد قبول، تأییدکننده مدل‌سازی محسوب می‌شوند. معادله رگرسیونی حاصل از این مدل نیز به صورت زیر است.

$$\text{Logit (URBAN CHANGE 1989-2011)} = -7.1659 + (0.000477 * \text{aspect1989}) + (0.018904 * \text{elevation1989}) + (0.008394 * \text{farm1989}) + (0.009470 * \text{industry1989}) + (0.003537 * \text{road1989}) + (0.000655 * \text{slope1989}) + (0.028174 * \text{urban1989}) + (0.001949 * \text{water1989}) + (0.013836 * \text{barren1989}) + (22.307627 / 1989)$$

به همراه نتایج آماری مدل، نقشه احتمالاتی پیش‌بینی رشد شهری برای سال ۱۳۹۰ نیز به دست آمد. مقایسه بصری و هم‌پوشانی نقشه پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۰ با نقشه واقعی کاربری زمین سال ۱۳۹۰ مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای نیز نشان می‌دهد که تطابق زیادی بین دو نقشه وجود دارد و صحت مدل‌سازی را نشان می‌دهد.

### مدل‌سازی رشد شهری سال ۱۴۱۲

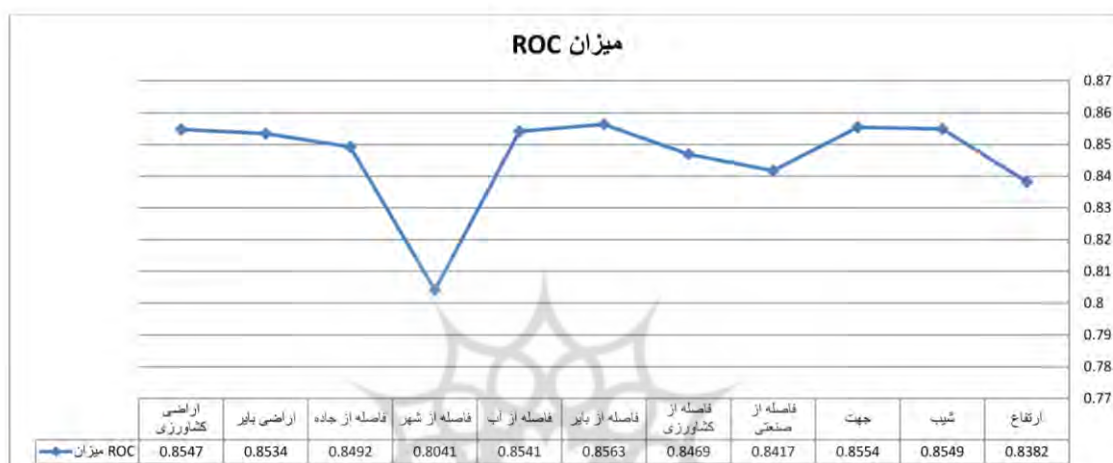
برای توسعه شهری سال ۱۴۱۲ نیز مانند روش سال ۱۳۹۰ با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۰ اقدام به مدل‌سازی شد. ۹ متغیر مستقل مورد استفاده پیوسته بودند و ۲ متغیر مستقل اراضی کشاورزی و اراضی بایر و متغیر وابسته نواحی دارای رشد شهری طی دوره‌های ۱۳۶۸-۱۳۹۰ ماهیت بولین داشتند. به دلیل عدم تغییر متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت و فاصله از سطوح آبی طی ۲۲ سال گذشته از متغیرهای سال ۱۳۶۸ استفاده می‌شود، ولی برای متغیرهای فاصله از سطوح ساخته شده شهری، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از جاده و متغیرهای بولین اراضی بایر و اراضی کشاورزی مربوط به سال ۱۳۹۰ استفاده می‌شود. خروجی مدل نقشه‌های احتمالاتی رشد شهری در طیف ۰-۱ است که نشان‌دهنده تناسب نقاط (پیکسل‌ها) برای توسعه شهری طی ۲۲ سال آینده (۱۳۹۰ تا ۱۴۱۲) است. نواحی‌ای که به ۱ نزدیک‌تر بودند دارای قابلیت بیشتری برای توسعه شهری اند و نواحی نزدیک به عدد صفر، قابلیت کمتری برای توسعه شهری دارند. بنابراین نواحی دارای قابلیت بیشتر برای توسعه شهری به صورت بولین برای هر دو دوره ۱۳۹۰ و ۱۴۱۲ استخراج شد و در یک نقشه جداگانه برای سهولت ارائه گردید.

### حساسیت‌سنجی مدل

به منظور شناخت عواملی که بیشترین تأثیر را در رشد و گسترش شهری دارند، اقدام به حساسیت‌سنجی مدل شده است. در این روش، پس از مدل‌سازی با همه مجموعه متغیرهای مستقل، مدل به تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحله اجرا در می‌آید، با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل، یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با متغیرهای مستقل باقی‌مانده اجرا می‌شود. بدینوسیله، در این روش میزان تأثیر هر کدام از متغیرهای مستقل در رشد شهری سنجیده می‌شود، به طوری که میزان ROC در هر بار مدل‌سازی رگرسیون لجستیک با حذف یک متغیر مستقل استخراج گردیده و بر اساس میزان تفاوت با مدل کامل، اثر متغیر مستقل محاسبه می‌شود. به عبارت دیگر، با توجه به تفاوت میزان ROC در هر بار اجرای مدل‌سازی، میزان تأثیر آن متغیر مستقل که در مدل‌سازی رگرسیون لجستیک حذف شده است معین



می‌شود. چنانچه در نمودار شکل ۱ مشاهده می‌شود، میزان ROC (۰/۸۰۴۱) مربوط به مدل‌سازی رگرسیون لجستیک بدون متغیر فاصله از شهر تفاوت بیشتری نسبت به میزان ROC مدل‌سازی‌های دیگر دارد که تأثیرگذاری بیشتر متغیر فاصله از شهر را در رشد شهر نسبت به دیگر متغیرها نشان می‌دهد. بنابراین، همان‌طور که نمودار ۱ نشان می‌دهد، متغیر مستقل فاصله از سطوح شهری بیشترین تأثیر را در توسعه شهری طی ۲۲ سال گذشته داشته است. سپس متغیرهای ارتفاع، فاصله از کاربری‌های صنعتی، فاصله از کاربری‌های کشاورزی و فاصله از جاده‌های دسترسی تأثیر زیادی در توسعه شهری دارند.



نمودار ۱. حساسیت‌سنجی مدل با استفاده از حذف متغیرهای مستقل

## نتیجه‌گیری

مدل‌سازی رگرسیون لجستیک برای تعیین و بهبود شناخت ما از نیروهای اجتماعی، اقتصادی و بیوفیزیکی که بر رشد شهر تأثیر می‌گذارد و تعیین نواحی مناسب توسعه شهری مراغه به کار گرفته شده است. مدل رگرسیون لجستیک دارای مزیت‌هایی مثل کشف رابطه بین تغییر کاربری زمین و رشد شهری با عوامل سببی به صورت کمی است که به ما توانایی تشخیص متغیرهای مؤثر در توسعه شهری با متغیرهای دارای تأثیر کم می‌دهد. هر چند از برخی محدودیت‌ها، مثل تعیین زمان تغییر کاربری زمین و مقدار تغییر رنج می‌برد.

شهر مراغه طی دهه‌های اخیر رشد و گسترش زیادی داشته است و پیرامون این شهر را اراضی مرغوب باغی فرا گرفته است. مساحت شهر در سال ۱۳۵۳ حدود ۳۵۰ هکتار بوده که در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب به حدود ۶۰۰، ۶۲۴، ۱۰۴۹ و ۱۷۹۹ هکتار رسیده است. یعنی طی ۳۷ سال گذشته بیش از ۵/۱ برابر رشد داشته است. هر چند به صورت مستقیم میزان تغییر کاربری‌های کشاورزی به شهری و صنعتی اندک بوده است، ولی کاربری‌های کشاورزی به صورت غیرمستقیم ابتدا به اراضی بایر و سپس به کاربری‌های شهری و صنعتی تغییر یافته‌اند. در رشد و گسترش شهر عوامل مختلف اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی بسیاری دخیل است و درک و شناخت رفتار این عوامل و متغیرها برای مدیریت بهتر شهر و پیش‌بینی وضعیت آتی شهر ضروری است. بنابراین، با توجه به قابلیت‌های مدل رگرسیون لجستیک در شناخت تأثیر و میزان تأثیر عوامل اجتماعی-اقتصادی و بیوفیزیکی در رشد شهر، از این مدل

برای تحلیل عوامل رشد شهر مراغه طی ۲۲ سال اخیر و پیش‌بینی روند گسترش شهر طی ۲۲ سال آینده استفاده گردیده است. مدل‌سازی رشد و گسترش شهر برای سال ۱۳۹۰ نشان‌دهندهٔ مطابقت زیاد نتیجهٔ مدل‌سازی با نقشهٔ کاربری زمین واقعی سال ۱۳۹۰ دارد، بنابراین برای مدل‌سازی گسترش شهر برای آینده اقدام گردید. برای شناخت میزان تأثیرگذاری عوامل رشد شهری یا همان متغیرهای مستقل، از روش حذف مرحله‌ای متغیرهای مستقل در هر بار مدل‌سازی استفاده شد. یعنی در هر بار مدل‌سازی رگرسیون لجستیک یکی از متغیرهای مستقل را حذف کردیم تا تأثیر آن در رشد شهری سنجیده شود. نتایج این مرحله نیز نشان‌دهندهٔ تأثیر بیشتر نزدیکی به اراضی شهری و سپس متغیرهای ارتفاع، فاصله از کاربری‌های صنعتی، فاصله از کاربری‌های کشاورزی و فاصله از جاده‌ها در رشد شهری است. بنابراین مناسب‌ترین نواحی برای گسترش آیندهٔ شهر در درجهٔ اول اراضی واقع در شمال غرب شهرک ولیعصر و در مرحلهٔ بعد نواحی غیرشهری بلافصل شهرند.



## منابع

- بونفو، ادوار؛ (۱۳۷۵). آشتی انسان و طبیعت، ترجمه صلاح‌الدین محلاتی، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- پورمحمدی، محمدرضا؛ (۱۳۸۶). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، چاپ سوم، انتشارات سمت، تهران.
- خاکپور، براتعلی؛ ولایتی، سعدالله؛ کیانژاد، سیدقاسم؛ (۱۳۸۶). الگوی تغییر کاربری اراضی شهر بابل طی سال‌های ۷۸-۱۳۶۲، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۹.
- خوش‌گفتار، محمدمهدی؛ طالعی، محمد؛ (۱۳۸۹). شبیه‌سازی رشد شهری در تهران با استفاده از مدل CA/Markov، مجله سنجش از دور و GIS ایران، شماره ۲.
- رهنما، محمدرحیم؛ عباس‌زاده، غلامرضا؛ (۱۳۸۷). اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر، چاپ اول، گروه پژوهشی مطالعات شهری و منطقه‌ای، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- رهنمایی، محمدتقی؛ پوراحمد، احمد؛ اشرفی، یوسف؛ (۱۳۹۰). ارزیابی قابلیت‌های توسعه شهری مراغه با استفاده از مدل ترکیبی SWOT-ANP، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۴.
- سعیدی، عباس و همکاران؛ (۱۳۸۷). دانشنامه مدیریت شهری و روستایی، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.
- شکوئی، حسین؛ (۱۳۸۵). دیدگاه‌های نو در جغرافیای شهری، چاپ نهم، انتشارات سمت، تهران.
- شبیعه، اسماعیل؛ (۱۳۸۶). مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، چاپ هجدهم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- صدر موسوی، میرستار؛ قربانی، رسول؛ (۱۳۸۵). پیامدهای زیست‌محیطی گسترش سکونتگاه‌ها؛ مطالعه موردی: دره اسکوچای، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۸.
- صمدی، علی؛ (۱۳۹۲). تعادل فضایی و توزیع خدمات عمومی ناحیه‌ای با تأکید بر شاخص دسترسی مطالعه موردی شهر مراغه، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ضیاء توانا، محمدمحسن؛ قادرمزی، حامد؛ (۱۳۸۸). تغییرات کاربری اراضی روستاهای پیراشهری در فرایند خزش شهر روستاهای نایسر و حسن‌آباد سندر، مجله پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۶۸.
- کامیاب، حمیدرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ حسینی، سیدمحسن؛ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ (۱۳۸۹). اتخاذ رهیافت اطلاعات محور با کاربرد روش رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی توسعه شهری گرگان، مجله محیط‌شناسی، شماره ۵۴.
- لینچ، کنت؛ (۱۳۸۶). روابط متقابل شهر و روستا در کشورهای درحال توسعه، ترجمه محمدرضا رضوانی و داود شیخی، چاپ اول، انتشارات پیام، تهران.
- مهندسین مشاور نقش محیط، (۱۳۸۵). طرح جامع شهر مراغه (بررسی و شناخت شهر)، جلد اول و دوم.
- نظریان، اصغر؛ (۱۳۷۹). جغرافیای شهری ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- ویلیامز، کتی؛ الیزابت، برتون؛ جنکز، مایک؛ (۱۳۸۳). دستیابی به شکل پایدار شهری: شکل‌پایداری و حمل‌ونقل، ترجمه و آراز مرادی مسیحی، چاپ اول، انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری (وابسته به شهرداری تهران)، تهران.
- Bhatta, Basudeb; (2010). Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data, springer, Berlin Heidelberg, 172.
- Burchell, W. Robert; Downs, Anthony; McCann, Barbara; Mukherji, Sahan; (2005). Sprawl costs: economic impacts of unchecked development, Island press, 197.

- Cannavo F, Peter; (2007). The working landscape; founding, preservation, and the politics of place, the MIT press, 425.
- Dewan, M. Ashraf; Yamaguchi, Yasushi; (2009). Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: using remote sensing to promote sustainable urbanization, Applied geography, NO 29.
- James, A; Lagro, Jr; (2008). Site analysis a contextual approach to sustainable land planning and site design; John Willey & Sons Press, Newjersey, 371.
- MacArthur, D. Ian; (2002). Local Environmental Health Planning; Guidance for Local and National Authorities. WHO Regional Publications, European Series, NO 95 ,112.
- Pitzl, R. Gerald; (2004). Encyclopedia of human geography, Greenwood publishing, London, 294.
- Thapa B, Rajesh; Murayama, Yuji; (2010). Drivers of urban growth in the Kathmandu valley, Nepal: Examining the efficacy of the analytic hierarchy process; Applied Geography, NO 30.

